

小水路の水流を利用した簡易発電装置による街路灯製作の基礎研究

山形大学工学部 技術部
情報科学科 田村 恒一

1. まえがき

夏の最中であっても、北陸や東北の日本海に面した地域では、冬期間の降雪量が話題にのぼる。日常生活を維持するために行う冬場の雪処理対策には、ブルドーザーなどの重機による除雪や排雪、地下水や電熱ヒーターによる消雪などが知られている。米沢では市街地に大き目の水路を巡らし、雪を投入して雪処理を行うための流雪溝というものがある。一度に大量の雪処理はできないが、近隣の住人にとっては、こまめに雪処理が可能であるために有効な排雪手段となっている。流雪溝は冬期間には有用な設備であるが、雪が無い期間には殆ど活用されていない。流雪溝に流される水量は農業用水などとの関係で季節によって変化は見られるが、年間を通じてある程度の量は確保されている。

そこで、街路に沿って設置されている水路の有効利用法の一つとして、設置や取り外しの容易な簡易型の水力発電装置を試作して、その電力を街路灯に利用することを検討する。一つの発電エネルギーは小さくとも、利用目的によっては十分な場合も多く、必要に応じて台数を増やすこともできる。現場での発電を行うことにより配電設備も不要である。水力はクリーンなエネルギー源であり、地域への貢献も期待できる。街路にマッチした水車式街路灯のデザインを考案することによって、その付加価値をより高めることができる。

2. ハブダイナモの基礎特性

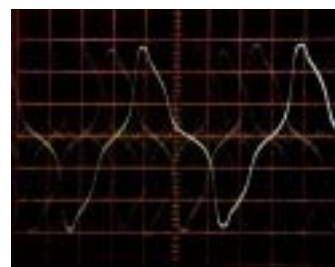
発電装置の設置や台数の増設を容易化す

るためには、低コストが最も重要な条件の一つである。この研究における発電装置の製作では、比較的安価な自転車用の発電機(ハブダイナモ)を使用する。ハブダイナモにはスポーク取付用ホールがあり、そのホールを利用して、水かき用の翼を付けて水車を作製する。自転車部品をそのまま活用することによって、歯車、ベルトなど余計な機構部品を必要としないだけでなく、一定の防水性も得られる利点がある。ここで使用するハブダイナモは、一般的に使用されている市販製品である。その写真を図1に示す。



[図1] ハブダイナモの写真

ハブダイナモは自転車用発電機であり、比較的少ない回転数でも灯火用ランプを点灯できる実用的な発電電圧を得られる特徴がある。発電電圧波形を図2に示す。



[図2] ハブダイナモの発電電圧波形

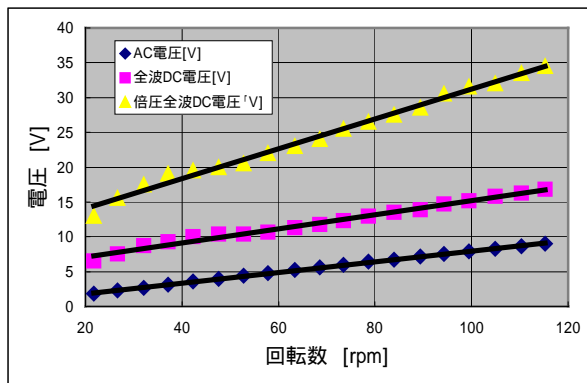
次に、図3示す実験装置によりハブダイナ

モの基礎特性を測定した。机上実験では、ダイナモの回転はDCモーターを用いて行った。DCモーターの駆動電圧の昇降により、ハブダイナモの回転数を変化させた。



[図3] 基礎実験装置

図4は無負荷時の特性であり、発電電圧は交流（実効値）、直流（全波整流）、直流（倍電圧整流）の3種類について行った。いずれも、電圧は回転数に比例している。

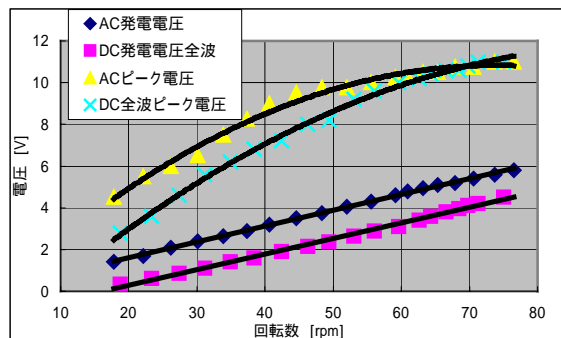


[図4] ハブダイナモの回転数と発電電圧
(無負荷時)

図5は60の抵抗負荷を接続した時の特性の測定結果である。出力電流が流れることにより、発電機には負荷がかかる。したがって、DCモーターの駆動電圧が同じでもハブダイナモの回転数は無負荷時よりも下回っている。

発電電圧は、無負荷時と同様に、交流、直

流双方とも回転数に比例して上昇する。

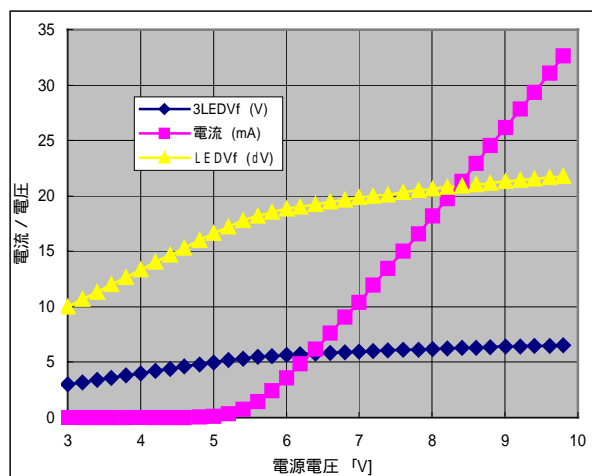


[図5] ハブダイナモの回転数と発電電圧
(60 抵抗負荷時)

直線的に変化する電圧は回転数が70[rpm]でも6Vに届いていないが、交流成分のピーク値はその2~3倍の値を示しており、蓄電池(6V)の充電も十分可能であると思われる。

3. 高輝度LEDの基礎特性

この研究では水力によって発電した電力を街路の照明に利用することを想定している。自転車用の発電機であるハブダイナモの規格は最も一般的なもので6V, 2.4Wであり、豆電球1個分の小さな発電電力である。そこで、発光体には電球ではなく熱損失が少なく、



[図6] LED (TLYH157P) のV-I特性

比較的輝度が高く、寿命の長いLEDを使用する。ここでは、高輝度LEDに分類される(TLYH157P)を用い、その基礎特性の測定を行い、LEDの電流を制御するための抵抗の値を決定した。図6はその電圧電流特性である。測定では、LED3個と電流制御用の負荷抵抗($R=99.7$)を接続直列したものに、直流電圧を印加し、その電圧を変化させた。電圧が5V付近までは電流がほとんど流れず、さらに電圧を上昇させると電流が流れ始める。その後の電流は、負荷抵抗で制限された印加電圧に比例して増加していく。

この実験結果から、電流制御用の抵抗の値を6Vのとき20mAになるように設定した。試作したLEDアレーの1ユニット(LED3個直列×5列)分の写真を図7に示す。



[図7] LEDアレー

4. 水車発電機の構造

水力による発電装置の性能は、水かき用翼の形状、数、大きさ、アームの長さなどにより異なる。基礎的な発電特性のデータを収集し、水量や流速に対応した最適な条件を得る必要がある。ハブダイナモの基礎特性で分るように、電流を取り出すと電流の増加に比例して負荷が増し、回転数が抑えられる。従って、水車の構造は翼の数、水圧を受ける翼の面積、アーム長のいずれもが大きい方が水力を効率よく取り出すことができるが、流速が同じ場合にアーム長が長くなると回転数は小さくなる。

実証実験用としての試作機は、水かき翼の枚数を6枚、水流を受ける一枚の翼面積を195mm×85mm、回転中心から翼先端までを190mmとして製作した。ハブダイナモの



[図8] 試作した水力発電機

スポーク用のホールは、片面各々18個開けられているが、二面のホールの位置は10度ずれているため、ハブダイナモと水かき翼の接続では、図8の写真のように、12角形のアルミ板と塩ビパイプを用いて行った。また、パイプにタップをボルトで固定して水かき翼とした。

実際の水路において実験を進める上で、検討が必要となる課題としては、時間的な水量の変化に対応する方法や浮遊してくるゴミ対策がある。

現在の構想では、予測できない水量変化への対策として、水車をフロート式(図9)にすることで対応できると思われる。



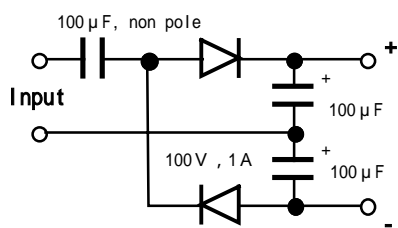
[図9] 水力発電機用フロート式筐体

ゴミなどの浮遊物の影響を防ぐためには、上流に防護柵を設置する必要があるが、実際の

水路での実験における観察結果をもとに、より有効な方法を見出す必要がある。

街路灯としての発電装置であるため、昼間の発電電力は蓄電しておき、夜間にその電力も合わせて使用できるようにする必要がある。また、発電電圧、電流の基礎データによると、回転数が少ない場合は発電電圧が蓄電池（6V）の充電電圧には不足することもある。水路の水流状況によって、蓄電池の充電が可能な電圧まで昇圧する回路が必要となる。昼間消灯、夜間点灯させるための制御回路と合わせて準備する。

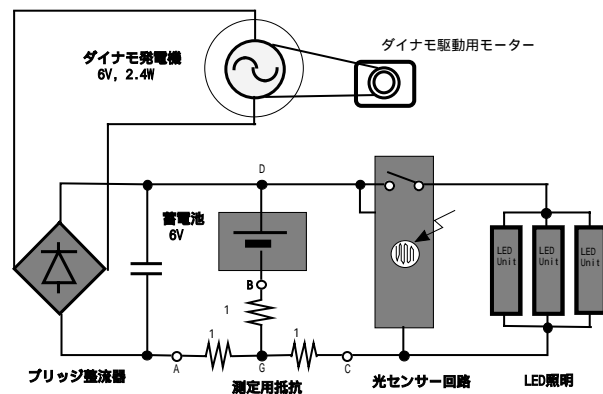
通常の全波整流の2倍の直流電圧を得るための倍電圧整流回路を図10に示す。



[図10] 倍電圧全波整流回路

5 . 水力発電照明装置のネット実験

実際の水路での実験を行う前に、図11の回路によりネット実験を行う。ダイナモ発電機の回転数はDCモーターの駆動電圧を昇降させることにより変える。ハブダイナモの発電電圧は整流回路により直流に変換され、



[図11] ネット実験構成図

蓄電池に蓄えられる。光センサーにより明るさを検出し、暗くなるとONになるリレー回路により蓄電池よりLEDユニットに電流が供給され、照明が点灯する仕組みである。実験回路には、蓄電池の充電、放電電流を測定するために電流検出用抵抗を挿入している。実際の装置ではこれらの抵抗は短絡される。

6 . まとめ

小水路の水流を利用した簡易発電装置、照明用LEDアレーについて基礎的な特性測定を行った。その結果、ハブダイナモの発電特性から回転数が35[rpm]以上得られれば、蓄電池の充電も可能となり、発電電力の有効活用ができると思われる。

また、照明用に電球ではなく、LEDの3個直列型アレーを用いることにより、蓄電池の過放電を自動的に防止できる効果も明らかになった。

今後は、実際の発電照明装置を組み、ネット実験を行い、その結果に基づく改良を施し、水路での実証実験を行う予定である。

謝 辞 日頃からご理解と有益な助言をいただいている情報科学科田村安孝教授ならびに柳田裕隆助手に感謝申し上げます。本研究を実施するに当たり、構内水路使用に関する県との手続き等に便宜を図っていただいた工学部研究支援係、管理係等関係事務担当者に感謝いたします。また、発電装置製作において、アドバイスをいただいた電子情報系工作技術支援グループのメンバーにお礼申し上げます。

なお、本研究の一部は日本学術振興会奨励研究補助金（課題番号15919017）を受けて実施していることを付記します。